

Application No. Not Yet Assigned
Paper Dated: November 14, 2003
In Reply to USPTO Correspondence of N/A
Attorney Docket No. 2204-032128

Customer No. 28289

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application No. : Not Yet Assigned
Applicant : Satoshi SUZUKI et al.
Filed : Concurrently Herewith
Title : FERRITIC AND MARTENSITIC
 STAINLESS STEELS EXCELLENT IN
 MACHINABILITY
Priority Dates Claimed : May 15, 2001 and July 5, 2001

MAIL STOP PATENT APPLICATION

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §120

Sir:

Applicant claims priority to International Application No. PCT/JP01/10084 which corresponds to the above-identified United States patent application and which was filed in the Japanese Receiving Office on November 19, 2001. The priority benefits provided by Section 120 of the Patent Act of 1952 are claimed for the above application.

Respectfully submitted,

WEBB ZIESENHEIM LOGSDON
ORKIN & HANSON, P.C.

By _____

Russell D. Orkin

Russell D. Orkin
Registration No. 25,363
Attorney for Applicants
700 Koppers Building
436 Seventh Avenue
Pittsburgh, Pennsylvania 15219-1818
Telephone: 412-471-8815
Facsimile: 412-471-4094
E-mail: webblaw@webblaw.com

日本国特許庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類は下記の出願書類の謄本に相違ないことを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2001年11月19日

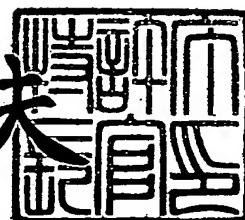
出願番号
Application Number: PCT/JP01/10084

出願人
Applicant(s):
日新製鋼株式会社
鈴木 聰
田中 秀記
平松 直人

2003年10月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



出証平 15-500287

受理官庁用写し

特許協力条約に基づく国際出願

願書

出願人は、この国際出願が特許協力条約に従って処理されることを請求する。

受理官庁用記入欄	PCT/JP01/10084
国際出願日	19.11.01
(受付印)	PCT International Application 日本国特許庁
出願人又は代理人の番類記号 (希望する場合、最大12字)	01-30PCT

第Ⅰ欄 種別の名称

被削性に優れたフェライト系ステンレス鋼及びマルテンサイト系ステンレス鋼

第Ⅱ欄 出願人

氏名(名称)及びあて名: (姓・名の順に記載; 本人は公式の完全な名称を記載; あて名は郵便番号及び国名も記載)

日新製鋼株式会社

NISSHIN STEEL CO., LTD.

〒100-8366 日本国東京都千代田区丸の内三丁目4番1号

4-1, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8366 Japan

この欄に記載した者は、発明者でもある。

電話番号: 03-3216-6251

ファクシミリ番号: 03-3216-5522

加入電信番号:

国籍(国名): 日本国 Japan

住所(国名):

日本国 Japan

この欄に記載した者は、次の
指定国についての出願人である: すべての指定国 米国を除くすべての指定国 米国のみ 追記欄に記載した指定国

第Ⅲ欄 その他の出願人又は発明者

氏名(名称)及びあて名: (姓・名の順に記載; 本人は公式の完全な名称を記載; あて名は郵便番号及び国名も記載)

鈴木 聰 SUZUKI Satoshi

〒746-8666 日本国山口県新南陽市野村南町4976番地

日新製鋼株式会社 ステンレス事業本部内

c/o Stainless Steel Business Div., Nissin Steel Co.,Ltd.,
4976, Nomuraminami-machi, Shin-Nanyo-shi, Yamaguchi [KENT]
746-8666 Japanこの欄に記載した者は
次に該当する:出願人のみである。出願人及び発明者である。発明者のみである。
(ここにレ印を付したときは、以下に入れないこと)

国籍(国名): 日本国 Japan

住所(国名):

日本国 Japan

この欄に記載した者は、次の
指定国についての出願人である: すべての指定国 米国を除くすべての指定国 米国のみ 追記欄に記載した指定国その他の出願人又は発明者が複数に記載されている。

第Ⅳ欄 代理人又は北通の代表者、通知のあて名

次に記載された者は、国際機関において出願人のために行動する:

代理人北通の代表者

氏名(名称)及びあて名: (姓・名の順に記載; 本人は公式の完全な名称を記載; あて名は郵便番号及び国名も記載)

9239 弁理士 小倉 哲 OGURA Wataru

03-5965-4561

電話番号:

〒171-0043 日本国東京都豊島区要町三丁目23番7号
大野千川ビル201

03-5965-4564

201, Ohno-Senkawa Bldg., 23-7, Kanamecho 3-chome,
Toshima-ku, Tokyo 171-0043 Japan

加入電信番号:

通知のためのあて名: 代理人又は北通の代表者が選任されておらず、上記枠内に特に通知が送付されるあて名を記載している場合は、レ印を付す

特許庁の記載 その1 仙人の出願人又は発明者

この欄に記載しないときは、この用紙を廻事に含めないこと。

氏名（名称）及びあて名：（姓・名の前に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）

田中 秀記

TANAKA Hideki

この欄に記載した者は、
次に該当する： 山頭人のみである。 山頭人及び発明者である。 発明者のみである。
(ここに印を付したときは、以下に記入しないこと)

〒746-8666 日本国山口県新南陽市野村南町4976番地

日新製鋼株式会社 ステンレス事業本部内

c/o Stainless Steel Business Div., Nissin Steel Co.,Ltd., ▲
4976, Nomuraminami-machi, Shin-Nanyo-shi, Yamaguchi[ken]
746-8666 Japan

国籍（国名）： 日本国 Japan

住所（国名）： 日本国 Japan

この欄に記載した者は、次の

 すべての指定国 米国を除くすべての指定国 米国のみ 追記欄に記載した指定国

指定国についての出願人である：

氏名（名称）及びあて名：（姓・名の前に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）

平松 直人

HIRAMATSU Naoto

この欄に記載した者は、
次に該当する： 山頭人のみである。 山頭人及び発明者である。 発明者のみである。
(ここに印を付したときは、以下に記入しないこと)

〒746-8666 日本国山口県新南陽市野村南町4976番地

日新製鋼株式会社 ステンレス事業本部内

c/o Stainless Steel Business Div., Nissin Steel Co.,Ltd., ▲
4976, Nomuraminami-machi, Shin-Nanyo-shi, Yamaguchi[ken]
746-8666 Japan

国籍（国名）： 日本国 Japan

住所（国名）： 日本国 Japan

この欄に記載した者は、次の

 すべての指定国 米国を除くすべての指定国 米国のみ 追記欄に記載した指定国

指定国についての出願人である：

氏名（名称）及びあて名：（姓・名の前に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）

この欄に記載した者は、
次に該当する： 山頭人のみである。 山頭人及び発明者である。 発明者のみである。
(ここに印を付したときは、以下に記入しないこと)

国籍（国名）：

住所（国名）：

この欄に記載した者は、次の

 すべての指定国 米国を除くすべての指定国 米国のみ 追記欄に記載した指定国

指定国についての出願人である：

氏名（名称）及びあて名：（姓・名の前に記載；法人は公式の完全な名称を記載；あて名は郵便番号及び国名も記載）

この欄に記載した者は、
次に該当する： 山頭人のみである。 山頭人及び発明者である。 発明者のみである。
(ここに印を付したときは、以下に記入しないこと)

国籍（国名）：

住所（国名）：

この欄に記載した者は、次の

 すべての指定国 米国を除くすべての指定国 米国のみ 追記欄に記載した指定国

指定国についての出願人である：

 その他の山頭人又は発明者が他の枚葉に記載されている。

第8 チーム 國のつすき文書

規則 4.9(a)の規定に基づき次の指定を行う(該当する□に印を付すこと: 少なくとも1つの□に印を付すこと)。

万円相当

A P A R I P O 牛歩者 : G H ガーナ Ghana, G M ガンビア Gambia, K E ケニア Kenya, L S レソト Lesotho, M W マラウイ Malawi, S D スーダン Sudan, S L シエラ・レオーネ Sierra Leone, S Z スワジランド Swaziland, U C ウガンダ Uganda, Z W ジンバブエ Zimbabwe, 及びハラブロトコルと特許協力条約の締約国である他の国

E A ニーラシア牛歩者 : A M アルメニア Armenia, A Z アゼルバイジャン Azerbaijan, B Y ベラルーシ Belarus, K G キルギス Kyrgyzstan, K Z カザフスタン Kazakhstan, M D モルドバ Republic of Moldova, R U ロシア Russian Federation, T J タジキスタン Tajikistan, T M トルクメニスタン Turkmenistan, 及びユーラシア特許条約と特許協力条約の締約国である他の国

E P ヨーロッパ牛歩者 : A T オーストリア Austria, B E ベルギー Belgium, C H and L I スイス及びリヒテンシュタイン Switzerland and Liechtenstein, C Y キプロス Cyprus, D E ドイツ Germany, D K デンマーク Denmark, E S スペイン Spain, F I フィンランド Finland, F R フランス France, G B 英国 United Kingdom, G R ギリシャ Greece, I E アイルランド Ireland, I T イタリア Italy, L U ルクセンブルグ Luxembourg, M C モナコ Monaco, N L オランダ Netherlands, P T ポルトガル Portugal, S E スウェーデン Sweden, 及びヨーロッパ特許条約と特許協力条約の締約国である他の国

O A O A P I 牛歩者 : B F ブルキナ・ファソ Burkina Faso, B J ベナン Benin, C F 中央アフリカ Central African Republic, C G コンゴ Congo, C I コートジボアール Côte d'Ivoire, C M カメルーン Cameroon, G A ガボン Gabon, G N ギニア Guinea, G W ギニア・ビサオ Guinea-Bissau, M L マリ Mali, M R モーリタニア Mauritania, N E ニジェール Niger, S N セネガル Senegal, T D チャード Chad, T G トーゴ Togo, 及びアフリカ知的所有権機構のメンバー国と特許協力条約の締約国である他の国(他の種類の保護又は收容を求める場合には点線上に記載する)

国内牛歩者(他の種類の保護又は收容を求める場合には点線上に記載する)

A E アラブ首長国連邦 United Arab Emirates

A L アルバニア Albania

A M アルメニア Armenia

A T オーストリア Austria

A U オーストラリア Australia

A Z アゼルバイジャン Azerbaijan

B A ボスニア・ヘルツェゴヴィナ Bosnia and Herzegovina

B B バルバドス Barbados

B G ブルガリア Bulgaria

B R ブラジル Brazil

B Y ベラルーシ Belarus

C A カナダ Canada

C H and L I スイス及びリヒテンシュタイン Switzerland and Liechtenstein

C N 中国 China

C U キューバ Cuba

C Z チェコ Czech Republic

D E ドイツ Germany

D K デンマーク Denmark

E E エストニア Estonia

E S スペイン Spain

F I フィンランド Finland

G B 英国 United Kingdom

G D グレナダ Grenada

G E グルジア Georgia

G H ガーナ Ghana

G M ガンビア Gambia

H R クロアチア Croatia

H U ハンガリー Hungary

I D インドネシア Indonesia

I L イスラエル Israel

I N インド India

I S アイスランド Iceland

J P 日本 Japan

K E ケニア Kenya

K G キルギス Kyrgyzstan

K P 北朝鮮 Democratic People's Republic of Korea

K R 韓国 Republic of Korea

K Z カザフスタン Kazakhstan

L C セント・ルシア Saint Lucia

L K スリ・ランカ Sri Lanka

L R リベリア Liberia

L S レソト Lesotho

L T リトアニア Lithuania

L U ルクセンブルグ Luxembourg

L V ラトヴィア Latvia

M D モルドバ Republic of Moldova

M G マダガスカル Madagascar

M K マケドニア旧ユーゴースラヴィア共和国 The former Yugoslav Republic of Macedonia

M N モンゴル Mongolia

M W マラウイ Malawi

M X メキシコ Mexico

N O ノルウェー Norway

N Z ニュー・ジーランド New Zealand

P L ポーランド Poland

P T ポルトガル Portugal

R O ルーマニア Romania

R U ロシア Russian Federation

S D スーダン Sudan

S E スウェーデン Sweden

S G シンガポール Singapore

S I スロヴェニア Slovenia

S K スロ伐キア Slovakia

S L シエラ・レオーネ Sierra Leone

T J タジキスタン Tajikistan

T M トルクメニスタン Turkmenistan

T R トルコ Turkey

T T トリニダッド・トバゴ Trinidad and Tobago

U A ウクライナ Ukraine

U G ウガンダ Uganda

U S 米国 United States of America

U Z ウズベキスタン Uzbekistan

V N ヴィエトナム Viet Nam

Y U ユーロースラヴィア Yugoslavia

Z A 南アフリカ共和国 South Africa

Z W ジンバブエ Zimbabwe

下の□は、この様式の施行後に特許協力条約の締約国となられた国を指定するためのものである

.....

.....

.....

指定の確認の宣言: 出願人は、上記の指定に加えて、規則 4.9(b)の規定に基づき、特許協力条約の下で認められる他の全ての国の指定を行う。ただし、この宣言から除く旨の表示を追記欄にした場合は、指定から除外される。出願人は、これらの追加される指定が確認を条件としていること、並びに優先日から 15 月が経過する前にその確認がなされない場合は、この期間の終了時に、出願人にによって取り下げられたものとみなされることを宣言する。(但し、提出と信託手数料及び信託手数料の納付からなる。この確認は、優先日から 15 月以内に受理官庁へ提出しなければならない。)

第VI欄 位番号または三連番

 他の優先権の主張（先の出願）が追記欄に記載されている

先の出願日 (月、年)	先の出願番号	先の出願		
		国内出願：国名	広域出願：*広域官庁名	国際出願：受理官庁名
(1) 15.05.01	特願 2001-145148	日本国 Japan		
(2) 05.07.01	特願 2001-205349	日本国 Japan		
(3)				

上記()の番号の先の出願（ただし、本国际出願が提出される受理官庁において提出されたものに限る）のうち、次の()の番号のものについては、出願書類の認証原本を作成し国际事務局へ送付することを、受理官庁（日本国特許庁の長官）に対して請求している。 (1), (2)

*先の出願が、ARIPOの特許出願である場合には、その先の出願を行った工業所有権の保護のためのパリ条約加盟国の中なくとも1ヶ国を追記欄に表示しなければならない（規則4.10(b)(ii)）。追記欄を参照。

第VII欄 国際検査機関提出機関

国际検査機関提出機関 (ISA/JP) の提出機関	先の出願主が提出した不正明細書など；当該出願主の責任（先の調査が、国际調査機関によって既に実施又は請求されている場合）	出願日 (月、年)	出願番号	国名（又は広域官庁）
ISA/JP				

第VIII欄 用紙合計：提出書類の枚数

この国際出願の用紙の枚数は次のとおりである。		この国際出願には、以下にチェックした書類が添付されている。	
願書	4 枚	<input checked="" type="checkbox"/> 手数料計算用紙	<input type="checkbox"/> 優先権書類（上記第VI欄の()の番号を記載する）
明細書（配列表を除く）	30 枚	<input checked="" type="checkbox"/> 納付する手数料に相当する特許印紙を貼付した背面	<input type="checkbox"/> 国際事務局の印紙への捺込みを証明する書面
請求の範囲	1 枚	<input checked="" type="checkbox"/> 別個の記名押印された委任状	<input type="checkbox"/> 寄託した微生物又は他の生物材料に関する書面
要約書	1 枚	<input checked="" type="checkbox"/> 包括委任状の写し	<input type="checkbox"/> スクレオチド又はアミノ酸配列表（フレキシブルディスク）
図面	1 枚	<input checked="" type="checkbox"/> 記名押印（署名）の説明書	<input type="checkbox"/> その他（書類名を詳細に記載する）
明細書の配列表	0 枚		
合計	37 枚		

要約書とともに提示する書面：なし 本国际出願の使用言語名：日本語

第IX欄 提出書類の自己名押印

各人の氏名（名称）を記載し、その次に押印する。

小倉 直



1. 国際出願として提出された書類の実際の受理の日	受理官庁記入欄		2. 国面
19.11.01			<input type="checkbox"/> 受理された
3. 国際出願として提出された書類を補充する書類又は図面であって その後期間内に提出されたものの実際の受理の日（訂正日）			<input type="checkbox"/> 不足図面がある
4. 特許協力条約第11条(2)に基づく必要な補充の期間内の受理の日			
5. 出願人により特定された 国際調査機関	ISA/JP	6. <input type="checkbox"/> 調査手数料未払いにつき、国際調査機関に 調査用写しを送付していない	
国際特許局記入欄			
記録原本の受理の日			

明 細 書

被削性に優れたフェライト系ステンレス鋼及びマルテンサイト系ステンレス鋼

技術分野

5 本発明は、毒性のない Cu 添加によって被削性を改善したフェライト系及びマ
ルテンサイト系ステンレス鋼に関する。

背景技術

精密機械工業の著しい発達や家庭電気器具、家具調度品等の需要増加により、
従来ステンレス鋼が使用されていなかった部分にもステンレス鋼が使用されるよ
10 うになってきた。工作機械の自動化・省力化に伴いステンレス鋼の被削性改善要求
が強く、フェライト系では JISG4303 に規定される SUS430F のように快削性元
素として Se を添加したフェライト系ステンレス鋼、マルテンサイト系では
JIS4303 に規定される SUS410F、SUS410F2 のように快削性元素として Pb を
添加し、或いは SUS416、SUS420F のように S を添加したステンレス鋼が使用
15 されている。

しかし、快削性元素として有効な S は、熱間加工性、延性及び耐食性を著しく
低下させ、機械的性質に異方性を生じさせる原因にもなる。Pb 添加により被削性
を向上させたフェライト系又はマルテンサイト系ステンレス鋼は、使用中に有害
な Pb の溶出があり、リサイクル性に劣る材料である。Se 添加により被削性を付
20 与した SAE 規定の 51430FSe (AISI 規格で Type430Se に相当) では、有害元素
の添加が環境対策上の問題になっている。

発明の開示

本発明は、従来の被削性マルテンサイト系ステンレス鋼にみられる快削性元素
25 に代えて Cu 主体の第 2 相を使用することにより、加工性、耐食性、機械的特性、

環境等に悪影響を及ぼすことなく被削性が改善されたフェライト系、マルテンサイト系ステンレス鋼を提供することを目的とする。

本発明は、濃度 0.1 質量%以上と比較的多量の C を含ませた Cu 主体の第 2 相、或いは濃度 10 質量%以上で Sn 及び／又は In を含ませた Cu 主体の第 2 相を 0.2
5 体積%以上の割合でマトリックスに分散させることにより、環境に悪影響を及ぼすことなくフェライト系及びマルテンサイト系ステンレス鋼の被削性を改善したことを特徴とする。

本発明に従ったフェライト系ステンレス鋼は、C : 0.001~1 質量%， Si : 1.0 質量%以下， Mn : 1.0 質量%以下， Cr : 15~30 質量%， Ni : 0.60 質量%以下，
10 Cu : 0.5~6.0 質量%を含んでいる。マルテンサイト系ステンレス鋼は、C : 0.01 ~0.5 質量%， Si : 1.0 質量%以下， Mn : 1.0 質量%以下， Cr : 10~15 質量%， Ni : 0.60 質量%以下， Cu : 0.5~6.0 質量%を含んでいる。

10 質量%以上の濃度で Sn 又は In を含む Cu 主体の第 2 相を分散析出させる場合には、0.005 質量%以上の Sn 又は In を含む組成をもつステンレス鋼が使用
15 される。フェライト系及びマルテンサイト系共に、任意成分として Nb : 0.2~1.0 質量%， Ti : 0.02~1 質量%， Mo : 3 質量%以下， Zr : 1 質量%以下， Al : 1 質量%以下， V : 1 質量%以下， B : 0.05 質量%以下， 希土類元素 (REM) : 0.05 質量%以下の 1 種又は 2 種以上を含むことができる。

C 濃度 0.1 質量%以上、或いは Sn 又は In 濃度 10 質量%以上の Cu 主体の第 2
20 相は、所定組成に調整されたフェライト系又はマルテンサイト系ステンレス鋼を熱間圧延後から最終製品となるまでの間に 500~900°C の温度範囲で 1 時間以上加熱保持する時効処理を 1 回以上施すことによりマトリックスに分散析出する。

図面の簡単な説明

25 図 1 は、被削性評価試験方法を説明する図である。

発明を実施するための最良の形態

ステンレス鋼は、全般的に被削性が悪く、難削材の一つに数えられている。被削性が悪い原因として、熱伝導率が低いこと、加工硬化の程度が大きいこと、凝着しやすいこと等が挙げられる。本発明者等は、この種のステンレス鋼に関し、

5 環境に悪影響を及ぼすことなく被削性、抗菌性を著しく向上させる手段として Cu 主体の第 2 相を所定量析出させたオーステナイト系ステンレス鋼を紹介した（特開 2000-63996）。本発明は、先に紹介した Cu 主体の第 2 相による性質改善を更に発展させ、フェライト系及びマルテンサイト系においても被削性が改善される知見をベースにしている。

10 本発明者等は、工具一被削材との潤滑及び熱伝導に及ぼす ϵ -Cu 相等の Cu 主体の第 2 相（Cu リッチ相）の作用に着目し、ステンレス鋼中に Cu を添加し、一部を Cu リッチ相として微細に且つ均一に析出させると、被削性が改善されることを見い出した。Cu リッチ相による被削性の改善は、切削時において工具擦い面上での Cu リッチ相による潤滑、熱伝導作用に基づく減摩により、切削抵抗が 15 減少すると共に工具寿命を延ばし、結果として被削性が向上するものと考えられる。

特にフェライト系ステンレス鋼や焼き鈍し状態のマルテンサイト系ステンレス鋼では、結晶構造が体心立方晶 B.C.C. であり、この中に面心立方晶 F.C.C. の Cu リッチ相を析出させることは、Cu リッチ相と同じ結晶構造をもつオーステナイト系ステンレス鋼に Cu リッチ相を析出させた場合に比較して被削性向上に関して更に大きな効果が得られる。

Cu リッチ相の分散析出がオーステナイト系とフェライト系、マルテンサイト系で異なる原因是次のように推察される。体心立方晶の結晶構造をもつフェライト系又はマルテンサイト系ステンレス鋼のマトリックスに面心立方晶の Cu リッチ相を析出させると、Cu リッチ相によって結晶整合性が低下し、大きな転位の

集積が可能になる。また、オーステナイト形成元素である C がマトリックス（フェライト相）から Cu リッチ相（オーステナイト相）に分配されるため、マトリックスに比較して Cu リッチ相の C 濃度が高くなり、Cu リッチ相の韌性が低下する。このように転位の集積度が高く、且つ韌性が低く破壊の起点となる Cu リッヂ相が異物としてマトリックスに分散するため、破壊現象である被削性が向上する。

Sn 又は In を 0.005 質量%以上含むステンレス鋼組成では、Cu リッチ相中に 10 質量%以上の濃度で Sn 又は In が濃化し、融点の低い Cu-Sn 合金又は Cu-In 合金が形成される。その結果、転位の集積が高く、融点が低い Cu リッチ相が異物としてマトリックスに分散するため、低融点の Cu リッチ相が切削工具との間で潤滑作用が発現し、工具寿命を大幅に向上させる。

Cu リッチ相の析出手段としては、Cu リッチ相が析出し易い温度域で時効等の等温加熱すること、加熱後の降温過程で析出温度域の通過時間が出来るだけ長くなる条件下で徐冷すること等が考えられる。本発明者等は、Cu リッチ相の析出について種々調査研究した結果、最終焼鈍後に 500～900°C の温度域で時効処理すると C 濃度 0.1 質量%以上又は Sn, In 濃度 10 質量%以上の Cu リッチ相の析出が促進され、優れた被削性及び抗菌性がフェライト系及びマルテンサイト系ステンレス鋼に付与されることを見出した。

Cu リッチ相の析出は、炭窒化物や析出物を形成し易い Nb, Ti, Mo 等の元素を添加することによっても促進される。炭窒化物や析出物等は、析出サイトとして働き、マトリックスに Cu リッチ相を均一分散させ、製造性を効率よく改善する。

以下、本発明のオーステナイト系ステンレス鋼に含まれる合金成分、含有量等を説明する。

C : 0.001~0.1 質量% (フェライト系)

C : 0.01~0.5 質量% (マルテンサイト系)

Cu リッチ相に固溶して Cu リッチ相を脆化させると共に、Cu リッチ相の析出サイトとして有効な Cr 炭化物を生成し、微細な Cu リッチ相をマトリックス全体に渡って均一分散させる作用を呈する。このような作用は、フェライト系では 0.001 質量%以上の Cu 含有量で、マルテンサイト系では 0.01 質量%以上の Cu 含有量で顕著になる。しかし、過剰な C 含有量は製造性や耐食性を低下させる原因となるので、C 含有量の上限をフェライト系では 0.1 質量%，マルテンサイト系では 0.5 質量%に設定した。

10 Si : 1.0 質量%以下

耐食性の改善に有効な合金成分であり、抗菌性を向上させる作用も呈する。しかし、1.0 質量%を超える過剰量で Si が含まれると、製造性が劣化する。

Mn : 1.0 質量%以下

15 製造性を改善すると共に、鋼中の有害な S を MnS として固定する作用を呈する。MnS は、被削性の向上にも有効に働くと共に、Cu リッチ相生成の核として作用するため、微細な Cu リッチ相の生成に有効な合金成分である。しかし、1.0 質量%を超える過剰量の Mn が含まれると、耐食性が劣化する傾向を示す。

S : 0.3 質量%以下

20 被削性の改善に有効な MnS を形成する元素であるが、S 含有量が 0.3 重量%を超えると熱間加工性及び延性が著しく低下する。したがって、本発明においては S 含有量の上限を 0.3 質量%に設定した。

Cr : 10~30 質量% (フェライト系)

Cr : 10~15 質量% (マルテンサイト系)

25 ステンレス鋼本来の耐食性を維持するために必要な合金成分であり、要求される耐食性を確保するために 10 質量%以上の Cr を添加する。しかし、フェライト

系では 30 質量%を超える過剰量の Cr が含まれると、製造性、加工性に悪影響を及ぼす。マルテンサイト系では 15 質量%を超える過剰量の Cr が含まれると、フェライト相が安定化し、焼入れ時にマルテンサイト組織が得られがたくなる。

Ni : 0.60 質量%以下

5 フェライト系及びマルテンサイト系ステンレス鋼の工業的な製造工程では、原料から不可避的に混入する成分である。本発明では、通常の生産ラインで混入するレベルの上限値 0.60 質量%に Ni 含有量の上限を設定した。

Cu : 0.5～6.0 質量%

本発明のステンレス鋼において最も重要な合金成分であり、良好な被削性を発現させるためには、0.2 体積%以上の割合で Cu リッチ相がマトリックスに析出していることが必要である。各合金成分の含有量が前述のように特定された組成のフェライト系及びマルテンサイト系ステンレス鋼で 0.2 体積%以上の Cu リッチ相を析出させるため、Cu 含有量を 0.5 質量%以上としている。しかし、6.0 質量%を超える過剰量の Cu 添加は、製造性、加工性、耐食性等に悪影響を及ぼす。マトリックスに析出する Cu リッチ相は、析出物のサイズに特別な制約を受けるものではないが、表面及び内部においても均一分散していることが好ましい。Cu リッチ相の均一分散は、被削性を安定して改善すると共に、抗菌性の発現にも寄与する。

Sn 及び／又は In : 0.005 質量%以上

20 Sn 又は In が濃化した Cu リッチ相を析出させる場合に必要な合金成分であり、Sn 又は In 濃度 10 質量%以上で Cu リッチ相の低融点化が進み被削性が著しく向上する。Cu リッチ相を低融点化させるためには、合金全体として Sn 又は In の含有量を 0.005 質量%以上とする必要がある。Sn, In の両者を添加する場合には、合計含有量を 0.005 質量%以上に調整する。しかし、Sn 又は In の過剰含有は Cu リッチ相を過度に低融点化して液膜脆化に起因する熱間圧延性を著しく低下させ

るので、Sn 又は In 含有量の上限値を 0.5 質量%に設定することが望ましい。

Nb : 0.02~1 質量%

必要に応じて添加される合金成分であり、各種析出物のなかでも Nb 系析出物の周囲に Cu リッチ相が析出する傾向が強く、Cu リッチ相の析出サイトとして作用する。したがって、Cu リッチ相を均一に析出分散させるためには、Nb の炭化物、窒化物、炭窒化物等を微細に析出させた組織が好ましい。しかし、過剰量の Nb 添加は、製造性や加工性に悪影響を及ぼす。したがって、Nb を添加する場合、Nb 含有量を 0.02~1 質量%の範囲で選定する。

Ti : 0.02~1 質量%

必要に応じて添加される合金成分であり、Nb と同様に Cu リッチ相の析出サイトとして有効な炭窒化物を形成する合金成分である。しかし、過剰量の Ti 添加は、製造性や加工性を劣化させ、製品表面に疵を発生させ易くする原因となる。したがって、Ti を添加する場合、Ti 含有量を 0.02~1 質量%の範囲で選定する。

Mo : 3 質量%以下

必要に応じて添加される合金成分であり、耐食性を向上させると共に、微細な Cu リッチ相の核サイトとして有効な Fe₂Mo 等の金属間化合物として析出する。しかし、3 質量%を超える過剰な Mo 含有は、製造性及び加工性に悪影響を及ぼす。

Zr : 1 質量%以下

必要に応じて添加される合金成分であり、微細な Cu リッチ相の核サイトとして有効な炭窒化物となって析出する。しかし、Zr の過剰添加は製造性や加工性に悪影響を及ぼすので、Zr を添加する場合には含有量の上限を 1 質量%に規制する。

Al : 1 質量%以下

必要に応じて添加される合金成分であり、Mo と同様に耐食性を改善すると共に、微細な Cu リッチ相の核サイトとして有効な化合物として析出する。しかし、

過剰な Al 添加は製造性及び加工性を劣化させるので、Al を添加する場合には含有量の上限を 1 質量%に規制する。

V : 1 質量%以下

必要に応じて添加される合金成分であり、Zr と同様に微細な Cu リッチ相の核

5 サイトとして有効な炭窒化物となって析出する。しかし、Zr の過剰添加は製造性や加工性に悪影響を及ぼすので、Zr を添加する場合には含有量の上限を 1 質量%に規制する。

B : 0.05 質量%以下

必要に応じて添加される合金成分であり、熱間加工性を改善すると共に、析出

10 物となってマトリックスに分散する。B の析出物も、Cu リッチ相の析出サイトとして働く。しかし、B の過剰添加は熱間加工性を低下させることになるので、B を添加する場合には含有量の上限を 0.05 質量%に規制する。

希土類元素 (REM) : 0.05 質量%以下

必要に応じて添加される合金成分であり、適量の添加によって B と同様に熱間

15 加工性を改善する。また、Cu リッチ相の析出に有効な析出物となってマトリックスに分散する。しかし、過剰に添加すると熱間加工性が劣化するので、希土類元素を添加する場合には含有量の上限を 0.05 質量%に規制する。

熱処理温度 : 500~900°C

Cu リッチ相の析出により優れた被削性を得るために、500~900°C の時効処理が有効である。時効処理温度が低くなるほど、マトリックス中の固溶 Cu 量が少なくなり、Cu リッチ相の析出量が増加する。しかし、低すぎる時効処理温度では拡散速度が遅く、析出量が却って減少する傾向がみられる。被削性に有効な Cu リッチ相の析出に及ぼす時効処理温度の影響を種々の実験から調査したところ、500~900°C の温度域で時効処理するとき、被削性に最も有効な Cu リッチ相が 0.2 体積%以上の割合で析出することを見出した。時効処理は、好ましくは 1

時間以上で、熱間圧延終了後から製品となるまでの何れの段階で実施しても良い。

以下、実施例によって本発明の特徴をより具体的に説明する。

実施例 1

5 表 1 に示した組成をもつ各種フェライト系ステンレス鋼を 30kg 真空溶解炉で溶製し、鍛造加工後に焼鈍及び時効処理を施し、直径 50mm の丸棒材を得た。各鋼材を 1000°C で均熱 30 分の焼鈍後、種々の温度で時効処理した。

表1：使用したフェライト系ステンレス鋼の成分・組成

試験 鋼種	合金成分及び含有量 (質量%)							
	C	Si	Mn	S	Ni	Cr	Cu	その他
A	0.054	0.56	0.34	0.002	0.23	16.25	2.02	—
B	0.061	0.62	0.22	0.003	0.34	16.49	1.48	—
C	0.049	0.43	0.31	0.004	0.25	16.21	1.09	—
D	0.055	0.51	0.41	0.005	0.21	16.19	0.40	—
E	0.063	0.39	0.19	0.202	0.28	16.25	0.48	—
F	0.059	0.44	0.42	0.002	0.33	16.38	0.51	—
G	0.009	0.31	0.2	0.005	0.26	17.02	1.46	Nb:0.36
H	0.011	0.42	0.23	0.003	0.38	17.11	0.32	Nb:0.33
I	0.021	0.41	0.23	0.007	0.42	16.53	2.43	Ti:0.35
J	0.019	0.35	0.31	0.004	0.28	16.42	0.48	Ti:0.34
K	0.061	0.55	0.42	0.004	0.12	16.31	1.34	Al:0.07
L	0.019	0.38	0.33	0.005	0.39	16.21	1.61	Zr:0.88
M	0.024	0.56	0.18	0.002	0.29	17.12	1.89	V:0.82
N	0.055	0.33	0.51	0.001	0.39	16.54	1.72	B:0.006
O	0.051	0.42	0.18	0.003	0.26	17.21	2.33	REM:0.02
P	0.0008	0.33	0.21	0.003	0.31	17.41	1.33	—

得られた鋼材から切り出された試験片を、JIS B-4011「超硬バイト切削試験方法」に準じた切削試験に供した。切削試験では、送り速度 0.05mm／回、切込み量 0.3mm／回、切削長さ 200mm の条件を採用し、逃げ面磨耗 ($V_B=0.3\text{mm}$)

を寿命判定基準としてバイト磨耗を評価した。

同じ鋼材から切り出した試験片を透過型電子顕微鏡で観察し、画像処理によってマトリックスに分散析出している Cu リッチ相を定量し、Cu リッチ相の体積分率（体積%）を求めた。更に、Cu リッチ相中の Cu 含有量を EDX（Energy Dispersed X-ray Analysis : エネルギー分散 X 線）分析により Cu リッチ相の Cu 濃度を定量した。

800°C × 9 時間で時効処理した試験番号 A-1～P-1 の供試材について、被削性の評価結果を表 2 に示す。被削性は、従来から被削性の良好な材料とされている試験番号 E-1 の V_B 磨耗時間を基準として各供試材を相対評価し、試験番号 E-1 より良好な被削性を示すものを◎、同等の被削性を示すものを○、試験番号 E-1 より被削性が劣るものを×と判定した。

本発明に従った試験番号 A-1, B-1, C-1, F-1, G-1, I-1, K-1 の各供試材は、何れも 0.5 質量%以上の Cu が添加されており、時効処理によって C 濃度 0.1 質量%以上の Cu リッチ相が 0.2 体積%以上の割合でマトリックスに分散析出しており、何れも良好な被削性を示した。

これに対し、Cu 含有量が 0.5 質量%以上であっても時効処理を施していない試験番号 A-2, B-2, C-2, F-2 では、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%を下回っており、被削性が劣っていた。時効処理を施した鋼材であっても Cu 含有量が 0.5 質量%未満の試験番号 J-2 では、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%に達せず、被削性に劣っていた。0.5 質量%以上の Cu 含有量及び 0.2 体積%以上の Cu リッチ相析出量であっても、Cu リッチ相の C 濃度が 0.001 質量%未満と低い試験番号 P-1 では、Cu リッチ相の脆化不足に起因して被削性が十分でなかった。

表2：析出したCuリッヂ相が被削性に及ぼす影響

試験番号	時効処理	Cuリッヂ相		バイト摩耗時間(分)	被削性	備考
		析出量 体積%	C濃度 質量%			
A-1	あり	0.48	0.13	189	◎	本発明例
A-2	なし	0.18	0.05	105	×	比較例
B-1	あり	0.44	0.15	185	◎	本発明例
B-2	なし	0.15	0.03	110	×	比較例
C-1	あり	0.38	0.22	178	◎	本発明例
C-2	なし	0.08	0.02	98	×	比較例
D-1	なし	0.00	—	100	—	"
E-1	なし	0.00	—	175	○	従来技術
F-1	あり	0.20	0.31	177	◎	本発明例
F-2	なし	0.02	0.04	123	×	比較例
G-1	あり	0.42	0.14	192	◎	本発明例
H-1	あり	0.00	—	95	×	比較例
I-1	あり	0.51	0.12	188	◎	本発明例
J-1	なし	0.00	—	99	×	比較例
J-2	あり	0.18	0.28	131	×	"
K-1	あり	0.34	0.15	177	◎	本発明例
L-1	あり	0.38	0.21	185	◎	"
M-1	あり	0.40	0.15	192	◎	"
N-1	あり	0.41	0.17	195	◎	"
O-1	あり	0.44	0.13	183	◎	"
P-1	あり	0.34	0.04	123	×	比較例

時効処理 : 800°C × 9時間

実施例 2

表 1 の鋼材 A を用いて、実施例 1 と同じ条件で供試材を作製した。得られた供試材に、450～950°C 及び 0.5～12 時間の範囲で条件を種々変更した時効処理を施した。時効処理後の各供試材について、実施例 1 と同様に被削性を調査した。

5 表 3 の調査結果にみられるように、500～900°C で 1 時間以上時効処理された試験番号 A-4, A-6～A-10 は、C 濃度 0.1 質量% 以上を含む Cu リッヂ相の析出量が 0.2 体積% 以上となっており、被削性に優れていた。

他方、時効処理温度が 500～900°C の範囲にあっても時効処理時間が 1 時間未満の試験番号 A-5 では、C 濃度 0.1 質量% 以上の Cu リッヂ相が 0.2 体積% に達せず、被削性に劣っていた。また、時効処理温度が 500°C 未満、或いは 900°C を超えると、Cu リッヂ相の析出量が 0.2 体積% 未満となり、被削性に劣っていた。

以上的結果から、素材ステンレス鋼が 0.5 質量% 以上の Cu を含有すること及び C 濃度 0.1 質量% 以上の Cu リッヂ相が 0.2 体積% 以上の割合でマトリックスに分散していることが被削性の改善に必要であり、500～900°C × 1 時間以上の時効処理が 0.2 体積% 以上の割合で Cu リッヂ相を分散析出させるために必要なことが確認された。

表3：時効処理条件がCuリッチ相の析出及び被削性に及ぼす影響

試験番号	時効処理		Cuリッチ相		バイト摩耗時間	被削性	備考
	温度 °C	時間	析出量 体積%	C濃度 質量%			
A-3	450	6	0.11	0.03	125	×	比較例
A-4	500	6	0.34	0.23	177	◎	本発明例
A-5	500	0.5	0.18	0.05	131	×	比較例
A-6	500	1	0.21	0.18	176	◎	本発明例
A-7	600	9	0.39	0.16	181	◎	"
A-8	700	12	0.42	0.14	192	◎	"
A-9	800	9	0.44	0.15	200	◎	"
A-10	900	10	0.45	0.17	202	◎	"
A-11	950	9	0.19	0.05	127	×	比較例

実施例 3

表4に示した組成をもつ各種マルテンサイト系ステンレス鋼を30kg真空溶解
 5 炉で溶製し、鍛造加工後に焼鈍及び時効処理を施し、直径50mmの丸棒材を得た。
 なお、各鋼材を1000°Cで均熱30分の焼鈍後、種々の温度で時効処理した。

表4：使用したマルテンサイト系ステンレス鋼の成分・組成

試験 鋼種	合金成分及び含有量 (質量%)							
	C	Si	Mn	S	Ni	Cr	Cu	その他
MA	0.092	0.23	0.77	0.003	0.23	11.55	4.51	—
MB	0.102	0.31	0.62	0.003	0.34	11.31	3.22	—
MC	0.099	0.35	0.52	0.004	0.21	11.45	1.53	—
MD	0.113	0.51	0.41	0.012	0.21	12.23	0.12	—
ME	0.063	0.39	0.44	0.213	0.45	12.42	0.48	—
MF	0.35	0.44	0.42	0.002	0.33	11.67	0.82	—
MG	0.102	0.31	0.2	0.005	0.26	13.21	1.46	Nb : 0.38
MH	0.142	0.42	0.23	0.003	0.38	12.98	0.32	Nb : 0.31
MI	0.053	0.41	0.23	0.007	0.42	14.12	2.43	Ti : 0.33
MJ	0.103	0.35	0.31	0.004	0.28	11.23	0.48	Ti : 0.34
MK	0.202	0.55	0.42	0.004	0.12	13.67	1.21	Al : 0.06
ML	0.019	0.38	0.33	0.005	0.39	10.76	1.77	Zr : 0.88
MM	0.103	0.56	0.18	0.002	0.29	14.21	2.01	V : 0.82
MN	0.082	0.33	0.51	0.001	0.39	11.23	1.72	B : 0.006
MO	0.156	0.42	0.18	0.003	0.26	14.21	2.33	REM : 0.02
MP	0.007	0.33	0.21	0.003	0.31	13.21	1.33	—

得られた鋼材から切り出された試験片を用いて、実施例1と同様にCuリッチ相の体積分率及びC濃度を定量すると共に、バイト磨耗を評価した。

780°C × 9 時間で時効処理した試験番号 MA-1～MP-1 の供試材について、被削性の評価結果を表 5 に示す。被削性は、従来から被削性の良好な材料とされている試験番号 ME-1 の VB 磨耗時間を基準として各供試材を相対評価し、試験番号 ME-1 より良好な被削性を示すものを◎、同等の被削性を示すものを○、試験番号 ME-1 より被削性が劣るものを×と判定した。

本発明に従った試験番号 MA-1, MB-1, MC-1, MF-1, MG-1, MI-1, MK-1 の各供試材は、何れも 0.5 質量%以上の Cu が添加されており、時効処理によつて C 濃度 0.1 質量%以上の Cu リッチ相が 0.2 体積%以上の割合でマトリックスに分散析出しており、何れも良好な被削性を示していた。

これに対し、Cu 含有量が 0.5 質量%以上であっても時効処理を施していない試験番号 MA-2, MB-2, MC-2, MF-2 では、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%を下回っており、被削性が劣っていた。また、時効処理を施した鋼材であっても Cu 含有量が 0.5 質量%未満の試験番号 MJ-2 では、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%に達せず、被削性に劣っていた。0.5 質量%以上の Cu 含有量及び 0.2 体積%以上の Cu リッチ相析出量であっても、Cu リッチ相の C 濃度が 0.001 質量%未満と低い試験番号 MP-1 では、Cu リッチ相の脆化不足に起因して被削性が十分でなかった。

表5：析出したCuリッチ相が被削性に及ぼす影響

試験番号	時効処理	Cuリッチ相		バイト摩耗時間	被削性	備考
		析出量 体積%	C濃度 質量%			
MA-1	あり	0.89	0.22	201	◎	本発明例
MA-2	なし	0.19	0.23	105	×	比較例
MB-1	あり	0.54	0.54	222	◎	本発明例
MB-2	なし	0.11	0.15	109	×	比較例
MC-1	あり	0.42	0.32	192	◎	本発明例
MC-2	なし	0.13	0.08	98	×	比較例
MD-1	なし	0.00	0.00	180	◎	従来技術
ME-1	あり	0.16	0.18	120	○	比較例
ME-2	なし	0.02	0.01	103	×	従来技術
MF-1	あり	0.24	0.56	172	◎	本発明例
MF-2	なし	0.09	0.34	99	×	比較例
MG-1	あり	0.53	0.78	204	◎	本発明例
MH-1	あり	0.02	0.23	95	×	比較例
MI-1	あり	0.51	0.65	210	◎	本発明例
MJ-1	なし	0.08	0.33	110	×	比較例
MK-1	あり	0.34	0.34	222	◎	本発明例
ML-1	あり	0.67	0.89	198	◎	"
MM-1	あり	0.82	0.64	205	◎	"
MN-1	あり	0.55	0.59	201	◎	"
MO-1	あり	0.39	0.88	222	◎	"
MP-1	あり	0.45	0.08	112	×	比較例

時効処理 : 780°C × 9時間

実施例 4

表 1 の鋼材 MA を用いて、実施例 3 と同じ条件で供試材を作製した。得られた供試材に、450～950°C 及び 0.5～12 時間の範囲で条件を種々変更した時効処理を施した。時効処理後の各供試材について、実施例 1 と同様に被削性を調査した。

5 表 6 の調査結果にみられるように、500～900°C で 1 時間以上時効処理された試験番号 MA-4, MA-6～MA-10 は、C 濃度 0.1 質量% 以上を含む Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積% 以上となっており、被削性に優れていた。

他方、時効処理温度が 500～900°C の範囲にあっても時効処理時間が 1 時間未満の試験番号 MA-5 では、C 濃度 0.1 質量% 以上の Cu リッチ相が 0.2 体積% に達せず、被削性に劣っていた。また、時効処理温度が 500°C 未満、或いは 900°C を超えると、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積% 未満となり、被削性に劣っていた。

10 以上の結果から、素材ステンレス鋼が 0.5 質量% 以上の Cu を含有すること及び C 濃度 0.1 質量% 以上の Cu リッチ相が 0.2 体積% 以上の割合でマトリックスに分散していることがマルテンサイト系の場合でも被削性の改善に必要であり、
15 500～900°C × 1 時間以上の時効処理が 0.2 体積% 以上の割合で Cu リッチ相を分散析出させるために必要なことが確認された。

表6：時効処理条件がCuリッチ相の析出及び被削性に及ぼす影響

試験番号	時効処理		Cuリッチ相		バイト摩耗時間	被削性	備考
	温度 °C	時間	析出量 体積%	C濃度 質量%			
MA-3	450	12	0.18	0.09	109	×	比較例
MA-4	500	6	0.56	0.34	192	◎	本発明例
MA-5	500	0.8	0.15	0.06	118	×	比較例
MA-6	500	2	0.24	0.13	189	◎	本発明例
MA-7	600	10	0.65	0.45	203	◎	"
MA-8	700	12	0.82	0.67	192	◎	"
MA-9	800	8	0.92	0.82	245	◎	"
MA-10	900	9	0.67	0.92	234	◎	"
MA-11	950	9	0.17	0.08	110	×	比較例

実施例 5

表7に示した組成をもつ各種マルテンサイト系ステンレス鋼を300kg真空溶解
 5 炉で溶製し、1230°Cで1時間加熱後、熱間圧延し、種々の温度で時効処理を施し
 た後、酸洗して板厚4mm、幅500mm、長さ1200mmの鋼板を得た。

表 7：使用したマルテンサイト系ステンレス鋼の成分・組成

試験番号	合金成分及び含有量 (質量%)								
	C	Si	Mn	S	Ni	Cr	Cu	Sn	その他
MA	0.061	0.31	0.81	0.005	0.12	11.62	3.01	0.004	
MB	0.058	0.33	0.77	0.002	0.33	11.24	2.98	0.006	
MC	0.059	0.28	0.34	0.012	0.18	11.98	3.21	0.212	
MD	0.066	0.41	0.64	0.001	0.21	12.43	1.53	0.487	
ME	0.062	0.37	0.82	0.009	0.34	12.02	2.87	0.512	
MF	0.102	0.29	0.43	0.008	0.42	14.12	0.47	0.112	
MG	0.007	0.37	0.51	0.004	0.26	11.76	0.54	0.142	
MH	0.088	0.51	0.31	0.005	0.22	13.21	1.01	0.213	
MI	0.052	0.34	0.62	0.012	0.44	12.02	4.03	0.081	
MJ	0.088	0.51	0.31	0.089	0.22	13.21	1.01	0.213	
MK	0.051	0.33	0.83	0.143	0.34	11.76	1.32	0.241	
ML	0.102	0.28	0.92	0.152	0.28	11.22	1.28	0.198	
MM	0.152	0.87	0.43	0.008	0.60	10.91	0.88	0.081	Nb:0.36
MN	0.008	0.12	0.88	0.012	0.22	13.09	1.23	0.092	Ti:0.35
MO	0.043	0.08	0.97	0.014	0.09	12.55	5.21	0.002	In:0.082
MP	0.002	0.98	0.24	0.092	0.18	12.12	1.98	0.152	Al:0.07
MQ	0.021	0.44	0.12	0.082	0.43	12.38	4.12	0.443	Zr:0.88
MR	0.123	0.42	0.18	0.003	0.26	12.21	2.33	0.289	V:0.82
MS	0.089	0.33	0.21	0.003	0.31	12.41	1.21	0.181	B:0.006
MT	0.063	0.42	0.47	0.251	0.51	12.76	0.32	0.001	

得られた鋼板を用い、横型フライス盤により被削性の評価を実施した。図 1 に評価試験の概要を示す。JIS B4107 に規定される外径 125mm, 幅 10mm の超硬フライス 1 の円周方向に 16 個の超硬バイト 2 を取り付けたカッタを使用し、ダウンカットで回転速度 2000rpm, 送り速度 0.6mm／分, 切込み深さ 0.5mm, 切削方向は圧延方向に直角な方向として無潤滑で試験片 3 を切削した。

5 鋼板の長手方向 1200mm を連続切削し、引き続き、幅方向に 10mm 送って隣接する長手方向の切削を実施した。鋼板広面全域を 0.5mm 切り込んだ後で起点に戻り、新たに 0.5mm の切り込みを行った。この切込みを繰返し、バイト刃先が 0.1mm 減少するまでの切削時間を寿命判定基準としてバイト摩耗を評価した。

10 同じ鋼材から切り出した試験片を透過型電子顕微鏡で組織観察し、画像処理によってマトリックスに分散析出している Cu リッチ相を定量化して Cu リッチ相の体積分率（体積%）を求めた。更に、Cu リッチ相中の Sn 又は In 濃度を EDX 分析により定量化した。

15 790°C × 9 時間で時効処理した試験番号 MA-1～MT-1 の供試材の被削性評価結果を表 8 に示す。被削性は、従来から被削性の良好な材料とされている試験番号 MT-1 と比較し、試験番号 MT-1 より良好な被削性を示すものを○、同等の被削性を示すものを○、試験番号 MT-1 より被削性が劣るものを×と判定した。

20 本発明に従った試験番号 MB-1, MC-1, MD-1, MF-1, MG-1, MI-1, MJ-1, MK-1, ML-1, MM-1, Mn-1, MO-1, MP-1, MQ-1, MR-1 及び MS-1 の各供試材は、何れも 0.5 質量%以上の Cu を含み、0.005 質量%以上の Sn が添加されており、時効処理によって 10 質量%以上の Sn (MO-1 においては In) を含む Cu リッチ相が 0.2 体積%以上の割合でマトリックスに分散析出しており、何れも良好な被削性を示していた。

これに対し、Cu 含有量が 0.5 質量%以上であっても時効処理を施していない試験番号 MB-2, MC-2, MD-2, MF-2, MG-2, MI-2, MJ-2, MK-2, ML-2, MM-2,

MN-2, MO-2, MP-2, MQ-2, MR-2 及び MS-2 の各供試材では、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%を下回っており、被削性が劣っていた。また、時効処理を施した鋼材であっても Cu 含有量が 0.5 質量%未満の試験番号 MF-1, 2 では、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%に達せず、被削性に劣っていた。更に、Cu 含有量
5 が 0.5 質量%以上であり、且つ Cu リッチ相が 0.2 体積%認められた MA-1 は、従来から被削性の良好な材料とされている試験番号 MT-1 と比較し良好な被削性を示すが、Sn 含有量が 0.005 質量%未満であるため、Cu リッチ相中の Sn 量が 10 質量%に達せず被削性が劣っていた。更に、S 含有量が 0.15 質量%を超える ML-1 では熱間変形能が低く、評価試料として製造できなかった。

表 8 : 析出した Cu リッチ相が被削性に及ぼす影響

試験番号	時効処理	Cu リッチ相			バイト摩耗時間(分)	被削性	区分
		析出量(体積%)	Sn 濃度(質量%)	In 濃度(質量%)			
MA-1	あり	0.48	8.9	—	192	◎	従来技術
MA-2	なし	0.18	8.2	—	105	×	比較例
MB-1	あり	0.51	12.3	—	251	◎	本発明例
MB-2	なし	0.07	10.5	—	110	×	比較例
MC-1	あり	0.44	63.1	—	487	◎	本発明例
MC-2	なし	0.08	55.3	—	98	×	比較例
MD-1	あり	0.48	71.3	—	587	◎	本発明例
MD-2	なし	0.12	54.1	—	101	×	比較例
ME-1	—	(熱延不可)					〃
MF-1	あり	0.11	55.0	—	172	×	〃
MF-2	なし	0.02	57.0	—	101	×	〃
MG-1	あり	0.42	81.0	—	298	◎	本発明例
MH-1	あり	0.49	79.1	—	442	◎	〃
MI-1	あり	0.51	88.1	—	487	◎	〃
MJ-1	あり	0.33	73.1	—	351	◎	〃
MK-1	あり	0.34	68.9	—	512	◎	〃
ML-1	—	(熱延不可)					比較例
MM-1	あり	0.33	51.2	—	422	◎	本発明例
MN-1	あり	0.56	58.9	—	678	◎	〃
MO-1	あり	0.51	—	60.1	542	◎	〃
MP-1	あり	0.28	67.8	—	123	×	比較例
MQ-1	あり	0.44	89.0	—	123	×	〃
MR-1	あり	0.54	83.2	—	123	×	〃
MS-1	あり	0.49	54.4	—	123	×	〃
MT-1	なし	—	—	—	180	○	〃

時効処理 : 790°C × 9 時間

実施例 6

表 7 の鋼材 MC を用いて、実施例 5 と同じ条件で供試材を作製した。得られた供試材に、450～950°C 及び 0.5～16 時間の範囲で条件を種々変更した時効処理を施した。時効処理後の各供試材について、実施例 5 と同様に被削性を調査した。

5 表 9 の調査結果にみられるように、500～900°C で 1 時間以上時効処理された試験番号 MC-4, MC6～MC10 は、10 質量%以上の Sn を含む Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%以上となっており、被削性に優れていた。他方、時効処理温度が 500～900°C の範囲にあっても、時効処理時間が 1 時間に満たない試験番号 MC-5 では、Cu リッチ相が 0.2 体積%に達せず、被削性に劣っていた。また、時効処理 10 温度が 500°C 未満、或いは 900°C を超えると、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%未満となり、被削性に劣っていた。

以上の結果から、被削性の改善には、0.5 質量%以上の Cu 含有量、10 質量%以上の Sn 又は In を含有する Cu リッチ相が 0.2 体積%以上の析出が必要であることが確認された。また、Cu リッチ相を 0.2 体積%以上で析出させるためには、 15 500～900°C × 1 時間以上の時効処理が必要であることが判る。

表 9 : 時効処理条件が Cu リッチ相の析出及び被削性に及ぼす影響

試験番号	時効処理		Cu リッチ相		バイト摩耗時間(分)	被削性	区分
	温度(°C)	時間	析出量(体積%)	Sn 濃度(質量%)			
MC-3	450	12	0.11	24.3	145	×	比較例
MC-4	500	7	0.34	55.1	455	◎	本発明例
MC-5	500	0.5	0.12	48.3	171	×	比較例
MC-6	500	1	0.21	59.1	501	◎	本発明例
MC-7	600	10	0.39	62.1	498	◎	"
MC-8	700	12	0.42	71.9	389	◎	"
MC-9	800	8	0.44	72.1	442	◎	"
MC-10	900	16	0.45	73.1	352	◎	"
MC-11	950	9	0.19	71.1	127	×	比較例

実施例 7

表 10 に示した組成をもつ各種フェライト系ステンレス鋼を 300kg 真空溶解炉で溶製し、1230°Cで 1 時間加熱後、熱間圧延し、種々の温度で時効処理を施した後、酸洗して板厚 4mm, 幅 500mm, 長さ 1200mm の鋼板を得た。

得られた鋼板を用い、実施例 5 と同様に横型フライス盤により被削性の評価を実施し、バイト刃先が 0.1mm 減少するまでの切削時間を寿命判定基準としてバイト摩耗を評価した。

同じ鋼材から切り出した試験片を透過型電子顕微鏡で組織観察し、画像処理によってマトリックスに分散析出している Cu リッチ相を定量化して Cu リッチ相

の体積分率(体積%)を求めた。更に、Cu リッチ相中の Sn 又は In 含有量を EDX 分析により定量化した。

表 10：使用したフェライト系ステンレス鋼の成分・組成

試験番号	合金成分及び含有量 (質量%)								
	C	Si	Mn	S	Ni	Cr	Cu	Sn	その他
FA	0.054	0.56	0.34	0.002	0.23	16.25	2.02	0.003	
FB	0.058	0.42	0.52	0.003	0.33	16.01	1.88	0.007	
FC	0.045	0.31	0.34	0.012	0.21	17.21	1.51	0.101	
FD	0.023	0.21	0.44	0.002	0.31	18.12	1.53	0.531	
FE	0.033	0.29	0.12	0.007	0.42	17.33	0.48	0.112	
FF	0.021	0.21	0.33	0.142	0.25	16.98	1.44	0.198	
FG	0.009	0.31	0.2	0.005	0.26	17.02	1.46	0.098	Nb:0.32
FH	0.021	0.41	0.23	0.007	0.42	16.53	2.43	0.132	Ti:0.28
FI	0.061	0.55	0.42	0.004	0.12	16.31	1.34	0.121	Al:0.06
FJ	0.001	0.31	0.34	0.012	0.21	17.21	1.21	0.098	Zr:0.45
FK	0.003	0.21	0.12	0.011	0.33	16.91	1.01	0.143	In:0.12
FL	0.021	0.18	0.41	0.009	0.54	16.43	1.98	0.221	B:0.009
FM	0.009	0.13	0.22	0.003	0.11	17.21	0.98	0.329	REM:0.015
FN	0.041	0.23	0.22	0.278	0.12	17.33	0.12	0.002	

果を表 11 に示す。被削性は、従来から被削性の良好な材料とされている試験番号 FN-1 と比較し、試験番号 FN-1 より良好な被削性を示すものを○、同等の被削性を示すものを○、試験番号 FN-1 より被削性が劣るものを×と判定した。

本発明に従った試験番号 FB-1, FC-1, FF-1, FG-1, FH-1, FI-1, FJ-1, FK-1, FL-1 及び FM-1 の各供試材は、何れも 0.5 質量%以上の Cu を含み、0.005 質量%以上の Sn が添加されており、時効処理によって 10 質量%以上の Sn (FK-1 においては In) を含む Cu リッチ相が 0.2 体積%以上の割合でマトリックスに分散析出しており、何れも良好な被削性を示していた。

これに対し、Cu 含有量が 0.5 質量%以上であっても時効処理を施していない試験番号 FB-2, FC-2, FF-2, FG-2, FH-2, FI-2, FJ-2, FK-2, FL-2 及び FM-2 の各供試材は、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%を下回っており、被削性が劣っていた。また、時効処理を施した鋼材であっても Cu 含有量が 0.5 質量%未満の試験番号 FE-1, 2 では、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%に達せず、被削性に劣っていた。更に、Cu 含有量が 0.5 質量%以上であり、且つ Cu リッチ相が 0.2 体積%認められた FA-1 は、Sn 含有量が 0.005 質量%未満であるため、Cu リッチ相中の Sn 量が 10 質量%に達せず、被削性が劣っていた。更に、Sn 含有量が 0.5 質量%を超える FD-1 では熱間変形能が低く、評価試料を作製できなかった。

表 11：析出した Cu リッチ相が被削性に及ぼす影響

試験番号	時効処理	Cu リッチ相			バイト摩耗時間(分)	被削性	区分
		析出量(体積%)	Sn 濃度(質量%)	In 濃度(質量%)			
FA-1	あり	0.32	5.2	—	192	◎	従来技術
FA-2	なし	0.14	5.4	—	121	×	比較例
FB-1	あり	0.33	12.3	—	289	◎	本発明例
FB-2	なし	0.08	10.5	—	110	×	比較例
FC-1	あり	0.38	43.7	—	487	◎	本発明例
FC-2	なし	0.04	42.1	—	98	×	比較例
FD-1	—	(熱延不可)					比較例
FE-1	あり	0.18	35.2	—	151	×	本発明例
FE-2	なし	0.02	37.1	—	122	×	比較例
FF-1	あり	0.34	81.0	—	501	◎	本発明例
FG-1	あり	0.51	77.0	—	332	◎	"
FH-1	あり	0.28	62.1	—	391	◎	"
FI-1	あり	0.39	68.4	—	444	◎	"
FJ-1	あり	0.41	51.2	—	298	◎	"
FK-1	あり	0.27	—	71.2	401	◎	"
FL-1	あり	0.27	71.2	—	401	◎	"
FM-1	あり	0.51	78.8	—	476	◎	"
FN-1	なし	—	—	—	151	○	比較例

時効処理 : 820°C × 10 時間

実施例 8

表 10 の鋼材 FC を用いて、実施例 7 と同じ条件で供試材を作製した。得られた供試材に、450～950°C 及び 0.5～11 時間の範囲で条件を種々変更した時効処理を施した。時効処理後の各供試材について、実施例 7 と同様に被削性を調査した。

5 表 12 の調査結果にみられるように、500～900°C で 1 時間以上時効処理された試験番号 FC-4, FC6～FC10 は、10 質量%以上の Sn を含む Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%以上となっており、被削性に優れていた。

他方、時効処理温度が 500～900°C の範囲にあっても、時効処理時間が 1 時間に満たない試験番号 FC-5 では、Sn 含有量が 10 質量%以上の Cu リッチ相が 0.2
10 体積%に達せず、被削性に劣っていた。また、時効処理温度が 500°C 未満、或い
は 900°C を超えると、Cu リッチ相の析出量が 0.2 体積%未満となり、被削性に劣
っていた。

以上の結果から、0.5 質量%以上の Cu 含有量、Sn 又は In 濃度が 10 質量%以上の Cu リッチ相が 0.2 体積%以上の割合で分散析出していることが被削性の改善に有効であることが確認された。また、Cu リッチ相を 0.2 体積%以上で析出させるためには、500～900°C × 1 時間以上の時効処理が必要であることが判る。
15

表 12：時効処理条件が Cu リッチ相の析出及び被削性に及ぼす影響

試験番号	時効処理		Cu リッチ相		バイト摩耗時間(分)	被削性	区分
	温度(°C)	時間	析出量(体積%)	Sn 濃度(質量%)			
FC-3	450	8	0.11	52.3	125	×	比較例
FC-4	500	8	0.32	57.4	177	◎	本発明例
FC-5	500	0.5	0.17	49.8	131	×	比較例
FC-6	500	1	0.22	51.1	169	◎	本発明例
FC-7	600	10	0.29	59.2	181	◎	〃
FC-8	700	9	0.44	50.1	192	◎	〃
FC-9	800	11	0.41	60.1	200	◎	〃
FC-10	900	9	0.42	55.5	202	◎	〃
FC-11	950	8	0.10	52.3	127	×	比較例

産業上の利用可能性

以上に説明したように、本発明のフェライト系又はマルテンサイト系ステンレス鋼においては、0.5 質量%以上の Cu 及び 0.001 質量%以上の C を添加し、C 濃度 0.1 質量%以上又は Sn, In 濃度 10 質量%以上の Cu リッチ相を 0.2 体積%以上の割合でマトリックスに析出分散させているため、被削性に優れた材料である。しかも、被削性改善のために S, Pb, Bi, Se 等の有害元素を含んでいないため、環境対策上の問題も解消される。このようにして、本発明に従ったステンレス鋼は、必要形状に切削加工され、家庭電気器具、家具調度品、厨房機器、各種機械・器具、機器等の材料として広範な分野で使用される。

請求の範囲

1. C : 0.001~1 質量%, Si : 1.0 質量%以下, Mn : 1.0 質量%以下, Cr : 15 ~30 質量%, Ni : 0.60 質量%以下, Cu : 0.5~6.0 質量%, 必要に応じて Sn 及び／又は In : 0.005 質量%以上を含み、残部が実質的に Fe の組成をもち、
5 C 濃度 0.1 質量%以上或いは Sn 及び／又は In 濃度 10 質量%以上の Cu 主体の第 2 相が 0.2 体積%以上の割合でマトリックスに分散していることを特徴とする被削性に優れたフェライト系ステンレス鋼。
2. C : 0.01~0.5 質量%, Si : 1.0 質量%以下, Mn : 1.0 質量%以下, Cr : 10 ~15 質量%, Ni : 0.60 質量%以下, Cu : 0.5~6.0 質量%, 必要に応じて Sn 及び／又は In : 0.005 質量%以上を含み、残部が実質的に Fe の組成をもち、
10 C 濃度 0.1 質量%以上或いは Sn 及び／又は In 濃度 10 質量%以上の Cu 主体の第 2 相が 0.2 体積%以上の割合でマトリックスに分散していることを特徴とする被削性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼。
3. Nb : 0.2~1.0 質量%, Ti : 0.02~1 質量%, Mo : 3 質量%以下, Zr : 1 質量%以下, Al : 1 質量%以下, V : 1 質量%以下, B : 0.05 質量%以下, 希土類元素 (REM) : 0.05 質量%以下の 1 種又は 2 種以上を含む請求項 1 又は 2 記載のフェライト系又はマルテンサイト系ステンレス鋼。
15
4. C : 0.001~1 質量%, Si : 1.0 質量%以下, Mn : 1.0 質量%以下, Cr : 15 ~30 質量%, Ni : 0.60 質量%以下, Cu : 0.5~6.0 質量%, 必要に応じて Sn 又は In : 0.005 質量%以上を含み、残部が実質的に Fe の組成をもつフェラ
20 イト系又はマルテンサイト系ステンレス鋼を熱間圧延後から最終製品となるまでの間に 500~900°C の温度範囲で 1 時間以上加熱保持する時効処理を 1 回以上施し、C 濃度 0.1 質量%以上或いは Sn 及び／又は In 濃度 10 質量%以上の Cu 主体の第 2 相の析出を促進させることを特徴とする被削性に優れたフェライト系又はマルテンサイト系ステンレス鋼の製造方法。
25

要約書

このステンレス鋼は、C 濃度 0.1 質量%以上又は Sn, In 濃度 10 質量%以上の Cu リッチ相を 0.2 体積%以上の割合でマトリックスに分散させている。Cu リッチ相は、熱間圧延後から最終製品となるまでの間に 500~900°C の温度範囲で 1
5 時間以上加熱保持する時効処理を 1 回以上施すことによりマトリックスに分散析出する。C : 0.01~1%, Si : 1.0%以下, Mn : 1.0%以下, Cr : 15~30%, Ni : 0.60%以下, Cu : 0.5~6.0%を含むフェライト系ステンレス鋼, C : 0.01~0.5%,
Si : 1.0%以下, Mn : 1.0%以下, Cr : 10~15%, Ni : 0.60%以下, Cu : 0.5~
6.0%を含むマルテンサイト系ステンレス鋼が使用される。S, Pb 等の快削性元素
10 添加に代えて Cu リッチ相を分散析出させることにより、加工性、耐食性、環境等に悪影響を及ぼすことなく、マルテンサイト系、フェライト系ステンレス鋼の被削性が改善される。